

Nuotekų dumblo įtaka paprastosios eglės sėjinukų augimui

Jonas Račinskas,

Karolis Kondratas,

Gerda Šilingienė

*Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 11,
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas: MBMI@asu.lt*

Nuotekų dumblas – tai pigi organinė trąša, kurios panaudojimas dirvai gerinti padėtų spręsti ūkių ir vandenvėlos problemas. Atkūrus humuso kiekį žemėje, būtų galima užauginti daugiau augalų.

Tyrimai atlikti 2011 m. VĮ Rokiškio miškų urėdijos medelyne. Tirta AB „Rokiškio sūris“ nuotekų dumblo įtaka paprastosios eglės (*Picea abies* (L.) H. Karst.) sėjinukų augimui, vystymuisi, išlikimui, išeigai iš ploto vieneto, atliktas minėtos trąšos panaudojimo ekonominis įvertinimas.

Nustatyta, kad iš visų tręšimui naudotų dumblo normų (20, 40, 60, 80, 100, 150 t/ha) sėjinukų augimą ir vystymąsi labiausiai skatino 80 t/ha norma – padidėjo sodmenų aukštis, šaknies kaklelio skersmuo, masė (spyglių, ūglių, šaknų), šoninių ūglių skaičius ir jų ilgis, šoninių pumpurų skaičius, spyglių skaičius ir jų ilgis, sėjinukų su šoniniais ūgliais bei šoniniais pumpurais skaičius, palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis. Visos dumblo normos sumažino eglaičių pagrindinės šaknies ilgį, padidino pirmos eilės šoninių šaknų ilgį, o pastarųjų šaknų skaičiui esminės įtakos neturėjo. Daugiausia sėklų sudygo bei vegetacijos sezono pabaigoje daugiausia sėjinukų išliko tręšiant 80 t/ha dumblo norma. Sėjinukų išeigą iš ploto vieneto taip pat labiausiai padidino minėta dumblo norma. Nebaigtos gamybos didžiausios papildomos pajamos iš 1 ha gautos tręšiant eglaites 80 t/ha dumblo norma.

Taigi, tręšiant vienamečius paprastosios eglės sėjinukus minėtu dumblu efektyviausia 80 t/ha norma, kuri papildomajame tręšime gali pakeisti mineralines trąšas.

Raktažodžiai: nuotekų dumblas, mineralinės trąšos, paprastosios eglės sėjinukai

ĮVADAS

Tręšimas yra viena iš svarbiausių sodmenų išauginimo technologijos sudėtinių dalių. Vis daugiau dėmesio skiriant ekologijai, iš miško daigynuose ir medelynuose naudojamų įvairių rūšių trąšų populiarėja organinės trąšos. Jos pasižymi ilgu mineralizacijos procesu, todėl jų poveikis gali būti pastebimas keletą metų po įterpimo. Jos ne tik pagausina dirvoje maisto medžiagų, suaktyvina mikroorganizmų veiklą, bet ir padaro dirvožemį purų, pagerina aeraciją, temperatūros ir drėgmės režimą, padidina humuso kiekį jame, sumažina rūgštingumą.

Organinėms trąšoms priklauso nauja pigi trąša – nuotekų dumblas. Tai buitinių ir komunalinių nuotekų bei panašios sudėties nuotekų valymo metu susidarantis dumblas. Jis gali būti kompostuojamas, naudojamas žemės ūkyje dirvoms tręšti, energetinių kultūrų auginimui, pažeistų teritorijų (karjerų, išekspluotuočių durpynų, uždromų sąvartynų ir pan.) rekultivavimui (Wen et al., 1995; Bagdanavičienė ir kt., 1997; Moreno, 1999; Kosobucki et al., 2000; Strazdienė, 2003; Eitminavičiūtė ir kt., 2005; Mujea et al., 2009; Wisniewska et al., 2009).

Dumble esantys augalams naudingi elementai (azotas, fosforas, kalis), neutralus rūgštingumas padidina dirvožemio biologinį aktyvumą, humuso

kiekį, sumažina jo glūdumą, rūgštingumą. Pagal agrochemines savybes jis prilygsta gyvulių mėšlui.

Taip pat ypatingas dėmesys skiriamas dumblo sunkiųjų metalų sklaidai dirvožemyje bei augaluose (Ailinciai et al., 2007; Baltrėnaitė ir kt., 2007; Katinas ir kt., 2002; Vaitkutė ir kt., 2010).

Vandenvos įmonės turi dumblo perteklių, kuris šiuo metu mažai panaudojamas, o dirbamoje žemėje kasmet mažėja humuso kiekis (1 ha kviečių humuso kiekį dirvoje sumažina 500 kg). Jo išteklius būtų galima atkurti tręšiant dirvožemį dumblu.

Dumblo naudojimas žemės ūkyje plačiai taikomas JAV, Belgijoje, Vokietijoje, Austrijoje. Šiose šalyse dumblo naudojimas dirvai gerinti tiksliai reglamentuotas. Austrijoje dumblu gerinami net ekologinių ūkių dirvožemiai. Lietuvoje toks dumblo panaudojimo būdas kol kas nereglamentuotas.

Pasak D. Janeliausienės (1998), Suomijoje 31 % vandenvos nuosėdų panaudojama laukų tręšimui, 17 % – miestų želdynams, 33 % – pakelių apželdinimui ir gėlynams, likusi dalis – komposto ruošai. JAV dirvoms tręšti sunaudojama 75 % visų minėtų nuosėdų, Olandijoje – 70 %, Anglijoje – per 40 %.

JAV nuo 1980 m. pradėta miškus tręšti dumblu (200–300 m³/ha). Neturtingose augavietėse pušų ir drebulių biomasė padidėja apie 57 % (Gradeckas ir kt., 1995). Panašūs tyrimai atlikti Lietuvoje (Gradeckas ir kt., 1998; Vaitkutė ir kt., 2010) ir Latvijoje (Kapots et al., 2000).

Medelynuose atlikti bandymai parodė, kad dekoratyvinius sodinukus tręšiant dumblu (100 t/ha) medelių ir krūmų einamasis aukščio prieaugis padidėja 10–40 % (Gradeckas, 1993).

Vandenvos nuosėdos pagerina paprastosios pušies sėjinukų augimą, vystymąsi, kokybę, išėigą iš ha (Račinskas ir kt., 2000).

Pagal mikrobiologinius-parazitologinius parametrus nuotekų dumblas skirstomas į A, B ir C klases, o pagal sunkiųjų metalų koncentraciją – į I, II ir III kategorijas (LAND 20-2005). Gali būti naudojamas tik A ir B klasių bei I ir II kategorijų dumblas. Maksimali tręšimo dumblu norma turi užtikrinti, kad per metus į dirvožemį nepatektų: azoto daugiau kaip 170 kg/ha, fosforo – 40 kg/ha. Sunkiųjų metalų koncentracijos dirvoje dėl tręšimo dumblu negali viršyti didžiausių leidžiamų koncentracijų.

Pažeistų teritorijų rekultivavimui naudojamo dumblo norma – 100 t/ha sausųjų medžiagų

(s. m.), o auginant energetines kultūras per metus gali būti įterpiama iki 100 t/ha dumblo (s. m.) (LAND 20-2005). Ateityje vykdant ES Tarybos direktyvos 91/676/EEC numatytą veiksmų programą ir atsižvelgiant į tai, kad metinę azoto trąšų normą privaloma mažinti, didžiausia tręšimo dumblo norma neturi būti didesnė kaip 30,2 t/ha (Steponavičius, 2004).

AB „Rokiškio sūris“ – viena iš stambiausių pieno perdirbimo įmonių Lietuvoje. Jos biologinio valymo įrenginiuose per metus susidaro apie 1 000 tonų nusausinto dumblo. Jis priskiriamas A klasei ir I kategorijai. Žinant, kad dumbblas susiformuoja tik maisto pramonės įmonėje ir tikimybė, kad jis gali būti užterštas pavojingomis medžiagomis arba sunkiaisiais metalais, yra labai maža, todėl yra tinkamas įvairioms žemės ūkio kultūroms tręšti. Šiam tikslui jį naudoja žemės ūkio bendrovės, ūkininkai, sodininkų bendrijos (apie 1 000 ha plote). Metinė tręšimo norma – 21 t/ha (Strusevičius, 2006).

Apskritai literatūroje dažniau aprašyti žemės ūkio kultūrų tręšimo nuotekų dumblu bandymai ir mažai duomenų apie dumblo panaudojimą miško sėjinukų bei sodinukų tręšimui daigynuose ir medelynuose. Šiuo atveju minėtas dumblas, kaip nemokama trąša, įgalintų atpiginti daigynų dirvožemių tręšimą, sumažintų sodmenų išauginimo savikainą ir tuo pačiu padėtų spręsti gamybos atliekų panaudojimo problemą. Be to, nuotekų dumblą taip pat galima naudoti komposto ruošai (su kitomis organinėmis atliekomis), tai itin aktualu daigynuose ir medelynuose. Nacionalinė miškų ūkio sektoriaus plėtros 2012–2020 m. programa nurodo efektyviai vykdyti sodmenų kokybės kontrolę, siekti ilgalaikėje perspektyvoje rinką aprūpinti kokybiškais miško sodmenimis. Vadinasi, tręšiant dirvas nuotekų dumblu taip pat galima išauginti ir kokybiškus sodmenis.

Darbo tikslas – nustatyti AB „Rokiškio sūris“ nuotekų dumblo įtaką paprastosios eglės vienamečių sėjinukų augimui bei vystymuisi, jų išlikimui ir išėigai iš ploto vieneto bei atlikti dumblo panaudojimo ekonominį įvertinimą.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimai atlikti 2011 m. VI Rokiškio miškų urėdijos medelyne. Taikytas tyrimo aikštelių (3 m²) metodas. Pastarųjų kraštinių santykis 1 : 3. Kiekvienas

tyrimo variantas turėjo po tris pakartojimus. Iš viso buvo septyni variantai: kontrolinis – dirvožemis tręštas mineralinėmis trąšomis; dirvožemis tręštas nuotekų dumblo (ND) 20, 40, 60, 80, 100 ir 150 t/ha normomis. Minimali tręšimo norma pasirinkta kaip maksimali leidžiama naudoti žemės ūkyje (LAND 20-2005), o maksimali – atsižvelgiant į organinių trąšų naudojimo rekomendacijas (Danusevičius, 1991). Tręšimo normos derintos su atliktais dumblo tyrimais tręšiamajai vertei nustatyti. Chemines dumblo analizes atliko UAB „Ekometrija“ (N_{bendras} – 51 629 mg/kg, P_{bendras} – 12 291 mg/kg, kalis – 8 648 mg/kg, sausoji medžiaga – 13,6 %, pH – 7,81), o sunkiųjų metalų (7 rūšių) kiekiai nustatyti Fizikos instituto Atmosferos užterštumo tyrimų laboratorijoje.

Lauko bandymai vykdyti paprastojo pajaurėjusio smėlžemio dirvožemyje (Hapli-Albic Arenosols) pagal daigyne taikomą paprastosios eglės sėjinukų auginimo technologiją. Dirva sėjai paruošta pavasarį (kultivuota, lyginta, voluota, patręšta ND), o 2010 m. žemė dirbta pagal juodojo pūdymo sistemą. Prieš sėją eglės sėklos beicuotos fungicidu Maxim Star 025 FS (2 g/kg). Pirmos kokybės klasės sėklos pasėtos gegužės 20 d. su sėjama „Lietuva-25“ pagal lysvinę 4 juostų (5 eilutės juostoje) schemą (12-10-12-10-12-10-12-80). Sėjos norma – 10 g/m². Po sėjos pasėliai mulčiuoti pjuvenomis, voluoti. Sėkloms sudygus, mechanizuotai parenti tarpjuosčiai, ravėtos piktžolės, laistyta pusiau stacionaria sistema. Kontrolinio varianto sėjinukai tręšti „Kemira Cropcare“ kompleksine trąša $N_{11}P_{14}K_{23} + Mg + S$ (gegužės mėn. trečiojo dekaodoje – 300 kg/ha) ir amonio salietra (birželio mėn. pirmoje pusėje – 300 kg/ha, liepos mėn. pradžioje – 200 kg/ha).

Vegetacijos metu kartą per mėnesį nustatytas sėjinukų išlikimas vidutinėse pagal augalų tankumą juostose. Spalio mėn. išmatuota po 150 kiekvieno bandymo varianto sėjinukų (iš viso 1 050). Nustatytas jų aukštis (0,1 cm tikslumu), šaknies kaklelio skersmuo (0,01 mm tikslumu), šoninių ūglių ir pumpurų skaičius, minėtų ūglių ilgis (0,1 cm tikslumu). Be to, kiekviename variante 30-iai vidutinių (pagal aukštį ir skersmenį) sėjinukų nustatytas spyglių skaičius ir jų (100 vnt.) ilgis (0,1 cm tikslumu). Šaknims išmatuoti iš kiekvieno varianto iškasta (25 cm gyliu) po 30 vidutinių sėjinukų. Matuotas jų pagrindinės šaknies ilgis (0,1 cm tikslumu), nustatytas

pirmos eilės šoninių šaknų skaičius bei jų ilgis (0,1 cm tikslumu).

Sėjinukų orasausės masės nustatymui minėti vidutiniai augalai džiovinti 15 dienų vėdinamoje patalpoje. Po to pasverti (0,001 g tikslumu) spygliai, ūgliai, šaknys. Masei nustatyti naudotos elektroninės svarstyklės. Be to, apskaičiuota sėjinukų išėiga iš juostos bei eilutės 1 m ir 1 ha.

Dirvožemio agrocheminiai tyrimai atlikti LAMMC filialo Agrocheminių tyrimų laboratorijoje.

Tyrimų duomenys apdoroti matematiniais statistiniais metodais paskaičiuojant pagrindinius statistinius rodiklius bei nustatant gautų rezultatų patikimumą. Panaudotos MS EXCEL ir STATISTICA programos.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Augalų organų išsivystymas rodo mineralinės mitybos lygį (Šlapakauskas, 2006). Duomenys apie nuotekų dumblo poveikį paprastosios eglės sėjinukų augimui ir vystymuisi pateikti 1–4 lentelėse. Gauti rezultatai patikimi ir reprezentatyvūs. Vienas iš pagrindinių biometrinių požymių yra sėjinukų aukštis. Kaip matyti 1 lentelėje, mažiausios dvi nuotekų dumblo normos neužtikrino augalams pakankamą mitybos lygį, tačiau ne mažesnės kaip 60 t/ha normos iš esmės ($t > 2$) (Žėnauskas ir kt., 1989) padidino (10–32 %) sėjinukų aukštį, palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis. Efektyviausia dumblo norma – 80 t/ha. Pastaruoju atveju maksimalus sėjinukų aukštis siekė net 16,3 cm (kontrolinis variantas – 12,4 cm). Beje, pagal S. Raudonį (2008), sėjinukų aukščio kitimas gautas didelis (21–31 %) ir ypač tręšiant mineralinėmis trąšomis.

Tiek aukštis, tiek sėjinukų šaknies kaklelio skersmuo labiausiai lemia sodmenų kokybę (Miško sodmenų kokybės reikalavimai, 2003). Pastarasis biometrinis požymis naudojant mažiausias (20 ir 40 t/ha) tręšimo normas iš esmės nesiskiria nuo kontrolinio varianto sėjinukų (1 lentelė). Tręšiant 60 t/ha ir didesnėmis dumblo normomis sėjinukai užauga iš esmės storesni (12–30 %) nei tręšiant mineralinėmis trąšomis. Beje, storiąsi sodmenys užaugo įterpus į dirvą 80 t/ha dumblo. Pastaruoju atveju didžiausias skersmuo siekė 1,9 mm, kai kontrolės – 1,5 mm. Be to, visais atvejais sėjinukų skersmens kitimas (16–24 %) yra mažesnis nei aukščio kitimas ir yra vidutinis arba didelis.

1 lentelė. Nuotekų dumblo įtaka paprastosios eglės sėjinukų aukščiui, skersmeniui, šoninių ūglių skaičiui
 Table 1. Influence of sewage sludge on the height, diameter, number of lateral shoots of *Picea abies* seedlings

Variantai Variants	Aukštis cm Height			Skersmuo mm Diameter			Šoninių ūglių skaičius vnt. Number of lateral shoots		
	M ± m	t	%	M ± m	t	%	M ± m	t	%
Kontrolė Control	6,61 ± 0,17	–	100	0,96 ± 0,02	–	100	0,90 ± 0,08	–	100
Nuotekų dumblas Sewage sludge 20 t/ha	6,09 ± 0,14	–2,36	92	0,94 ± 0,02	–0,66	98	0,99 ± 0,10	0,73	110
Nuotekų dumblas Sewage sludge 40 t/ha	6,47 ± 0,15	–0,59	98	0,95 ± 0,02	–0,36	99	1,22 ± 0,11	2,30	136
Nuotekų dumblas Sewage sludge 60 t/ha	7,71 ± 0,17	4,66	117	1,08 ± 0,02	5,05	112	2,03 ± 0,12	7,80	226
Nuotekų dumblas Sewage sludge 80 t/ha	8,69 ± 0,18	8,53	132	1,25 ± 0,02	11,92	130	2,54 ± 0,14	9,86	282
Nuotekų dumblas Sewage sludge 100 t/ha	7,79 ± 0,14	5,48	118	1,24 ± 0,02	11,89	129	2,13 ± 0,11	8,82	237
Nuotekų dumblas Sewage sludge 150 t/ha	7,27 ± 0,15	2,92	110	1,08 ± 0,02	5,11	112	1,71 ± 0,12	5,66	190

Pastaba: M – vidurkis, m – vidurkio paklaida, t – skirtumo patikimumo tarp vidurkių kriterijus.

Note: M – mean, m – error of mean, t – reliability criterion of difference between means.

Vyresni nei vienerių metų sodmenys laikomi nekokybiškais, jeigu yra be šoninių ūglių, o pastarųjų kiekis parodo sėjinukų gyvybingumą (Miško sodmenų kokybės reikalavimai, 2003). Tyrimas atskleidė, kad ne visos eglaitės turėjo minėtus ūglius. Pagal tyrimo variantus, sėjinukų su šoniniais ūgliais skaičius (%) gautas toks: 55; 55; 60; 87; 93; 90; 75. Iš šių duomenų matyti, kad nuotekų dumblas didina eglaičių su šoniniais ūgliais skaičių, išskyrus mažiausią (20 t/ha) dumblo normą, kurios efektas toks pat, kaip ir mineralinių trąšų. Labiausiai šį procesą stimuliuojo 80 t/ha dumblo norma.

Tyrimai rodo, kad tręšimas nuotekų dumblu stimuliuoja (10–182 %) šoninių ūglių susidarymą, palyginti su mineralinėmis trąšomis (1 lentelė). Esmingai tai vyksta naudojant ne mažesnes kaip 40 t/ha dumblo normas. Tik 20 t/ha normos efektas panašus į kontrolinio varianto efektą. Labiausiai šoninių ūglių skaičių padidino 80 t/ha dumblo norma. Beje, sodmenys turėjo daugiausia iki 5–7 šoninių ūglių ir tik kontroliniam variante – iki 4, o tręšiant dumblo 80 t/ha norma – net iki 11 vnt.

Tręšimas nuotekų dumblu skatina (3–13 %) minėtų ūglių augimą (išskyrus 150 t/ha normą), bet daugeliu atvejų neesmingai ($t < 2$) (2 lentelė). Šoninių ūglių ilgiui didžiausią teigiamą ir esminį poveikį turėjo tik 80 t/ha dumblo norma.

Augalų asimiliacinis aparatas vertinamas pagal spyglių kiekį bei jų ilgį. Visi tręšimo dumblo variantai, išskyrus didžiausią normą, turėjo esminės įtakos spygliuotumui: mažiausia (20 t/ha) dumblo norma spyglių skaičių sumažino (18 %), o kitos keturios normos – padidino (16–54 %), palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis (2 lentelė). Palyginti su kontroliniu variantu, labiausiai sėjinukų spygliuotumą padidino 80 t/ha dumblo norma. Aptariamojo požymio kitimas (13–28 %) vidutinis arba didelis.

Patręšus sėjinukus nuotekų dumblu, keturiuose variantuose iš šešių spyglių užaugo patikimai 4–13 % trumpesni negu kontroliniam variante (2 lentelė). Esmingai šį rodiklį padidino tik 100 t/ha dumblo norma. Dumblo 80 t/ha normos poveikis spyglių ilgiui labai nesiskyrė nuo mineralinių trąšų poveikio. Šio biometrinio požymio kitimas (11–14 %) vidutinis.

Dauguma eglaičių buvo su šoniniais pumpurais. Pagal tyrimų variantus, sėjinukų su minėtais pumpurais skaičius (%) gautas toks: 87; 89; 95; 93; 95; 98; 95. Iš šių duomenų matyti, kad visos tręšimo dumblo normos didino (2–11 %) augalų su šoniniais pumpurais kiekį, o labiausiai – 100 t/ha norma, palyginti su mineralinėmis trąšomis.

Sėjinukų šoninių pumpurų kiekis parodo jų gyvybingumą. Geriausiai augantys sodmenys turi

2 lentelė. Nuotekų dumblo įtaka paprastosios eglės sėjinukų šoninių ūglių ilgiui, spyglių skaičiui ir jų ilgiui
 Table 2. Influence of sewage sludge on the length of lateral shoots, the number and length of needles of *Picea abies* seedlings

Variantai Variants	Šoninių ūglių ilgis cm Length of lateral shoots			Spyglių skaičius vnt. Number of needles			Spyglių ilgis cm Length of needles		
	M ± m	t	%	M ± m	t	%	M ± m	t	%
Kontrolė / Control	0,89 ± 0,04	–	100	116,20 ± 5,87	–	100	1,32 ± 0,01	–	100
Nuotekų dumblas Sewage sludge 20 t/ha	0,92 ± 0,05	0,62	103	95,83 ± 4,34	-2,79	82	1,15 ± 0,01	-8,46	87
Nuotekų dumblas Sewage sludge 40 t/ha	0,96 ± 0,04	1,34	108	135,07 ± 4,91	2,47	116	1,23 ± 0,02	-4,21	93
Nuotekų dumblas Sewage sludge 60 t/ha	1,00 ± 0,04	1,70	112	161,10 ± 3,73	6,46	139	1,26 ± 0,02	-2,84	96
Nuotekų dumblas Sewage sludge 80 t/ha	1,06 ± 0,04	2,57	119	178,87 ± 5,88	7,54	154	1,36 ± 0,02	1,55	103
Nuotekų dumblas Sewage sludge 100 t/ha	0,99 ± 0,04	1,67	111	146,33 ± 5,22	3,84	126	1,40 ± 0,02	3,26	106
Nuotekų dumblas Sewage sludge 150 t/ha	0,89 ± 0,03	0,15	100	127,03 ± 5,31	1,37	109	1,27 ± 0,02	-2,21	96

Pastaba: M – vidurkis, m – vidurkio paklaida, t – skirtumo patikimumo tarp vidurkių kriterijus.

Note: M – mean, m – error of mean, t – reliability criterion of difference between means.

daugiausia minėtų pumpurų. Beveik visos nuotekų dumblo normos, išskyrus 20 t/ha, skatino šoninių pumpurų susidarymą: pumpurų skaičius padidėjo nuo 6 % iki 29 % (3 lentelė). Beje, tik trys didžiau-

sios dumblo normos patikimai stimuliuo (17–29 %) minėtų pumpurų formavimąsi. Likę trys mažiausios dumblo normos esminės įtakos minėtam rodikliui neturėjo, palyginti su mineralinėmis

3 lentelė. Nuotekų dumblo įtaka paprastosios eglės sėjinukų šoninių pumpurų skaičiui, pagrindinės šaknies ilgiui ir pirmos eilės šoninių šaknų skaičiui
 Table 3. Influence of sewage sludge on the number of lateral buds, the length of the main root and the number of the first-level lateral roots of *Picea abies* seedlings

Variantai Variants	Šoninių pumpurų skaičius vnt. Number of lateral buds			Pagrindinės šaknies ilgis cm Length of the main root			Pirmos eilės šoninių šaknų skaičius vnt. Number of the first-level lateral roots		
	M ± m	t	%	M ± m	t	%	M ± m	t	%
Kontrolė / Control	2,45 ± 0,13	–	100	8,68 ± 0,32	–	100	4,97 ± 0,26	–	100
Nuotekų dumblas Sewage sludge 20 t/ha	2,21 ± 0,12	-1,29	90	7,56 ± 0,21	-2,94	87	4,70 ± 0,30	-0,67	95
Nuotekų dumblas Sewage sludge 40 t/ha	2,60 ± 0,12	0,85	106	7,27 ± 0,30	-3,23	84	4,90 ± 0,18	-0,21	99
Nuotekų dumblas Sewage sludge 60 t/ha	2,72 ± 0,12	1,49	111	7,02 ± 0,43	-3,08	81	5,17 ± 0,29	0,52	104
Nuotekų dumblas Sewage sludge 80 t/ha	3,17 ± 0,13	3,92	129	7,01 ± 0,42	-3,54	81	5,13 ± 0,23	0,48	103
Nuotekų dumblas Sewage sludge 100 t/ha	3,11 ± 0,13	3,55	127	6,66 ± 0,38	-4,10	77	4,53 ± 0,27	-1,16	92
Nuotekų dumblas Sewage sludge 150 t/ha	2,87 ± 0,12	2,33	117	6,00 ± 0,36	-5,57	69	4,60 ± 0,22	-1,08	93

Pastaba: M – vidurkis, m – vidurkio paklaida, t – skirtumo patikimumo tarp vidurkių kriterijus.

Note: M – mean, m – error of mean, t – reliability criterion of difference between means.

trąšomis. Beje, maksimalus pumpurų kiekis (7–8 vnt.), kurį turėjo sėjinukai, pagal tyrimo variantus buvo panašus.

Šaknies morfologiją, šaknų sistemos dinamiką, jos stiprumą, išsivystymą ir skverbimosi į dirvožemį gylį lemia augalų biologinės savybės. Šaknų sistemai augti ir vystytis didelę reikšmę turi dirvožemio fizikinės savybės ir maisto medžiagų pasiskirstymas jame (Kučinskas ir kt., 1999). Vertinant sėjinukų šaknų sistemas nustatytas šaknų ilgis, skaičius, masė. Tyrimo rezultatai rodo, kad tręšimas nuotekų dumbliu esmingai sumažina (13–31 %) sėjinukų pagrindinės šaknies ilgį, palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis (3 lentelė). Minėta šaknis sutrumpėja labiau, kai naudojama didesnė dumblo norma. Vadinas, šiuo atveju šaknies ilgį galėjo lemti pakankamas maisto medžiagų kiekis viršutiniame dirvos sluoksnyje. Ir atvirkščiai – esant nepakankamam maisto medžiagų kiekiui augalams prieinamoje dirvožemio zonoje lėmė, kad mažiausia dumblo norma patęšitiems sėjinukams trūko maisto medžiagų, todėl šaknys skverbėsi gilyn. Panaši tendencija pastebėta tręšiant eglės sėjinukus grūdinių kultūrų žlaugtais (Račinskas ir kt., 2002).

Sėjinukų šaknų sistemos formavimasis prasideda su pirmos eilės šoninių šaknų pasirodymu ant pagrindinės šaknies. Iš tyrimo rezultatų matyti, kad daugiausia minėtų šaknų susiformavo tręšiant 60 ir 80 t/ha dumblo norma (3 lentelė). Kitos tręšimo normos šaknų kiekį sumažino (1–8 %), palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis. Apskritai, palyginti su kontroliniu variantu, nuotekų dumbblas esminės įtakos šoninių šaknų kiekiui ne-

turėjo. Beje, maksimalus šių šaknų skaičius siekė 7–9 vnt., o minimalus – 2–3 vnt.

Tręšimas nuotekų dumbliu padidino pirmos eilės šoninių šaknų ilgį 2–70 %, palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis, nors mažiausių dviejų dumblo normų poveikis buvo neesminis (4 lentelė). Minėtam biometriniam parametru didžiausią teigiamą poveikį turėjo 80 ir 100 t/ha dumblo normos. Jos padidino šaknų ilgį atitinkamai 62 ir 70 %.

Duomenys apie sėjinukų orasaušę masę pateikti 5 lentelėje. Iš jos matyti, kad beveik visos tręšimo dumbliu normos padidino eglaičių bendrąją (1–53 %), šaknų (5–57 %), antžeminės dalies (8–52 %), ūglių (8–72 %) ir spyglių (4–43 %) masę, palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis. Be to, labiausiai padidėjo ūglių masė, o spyglių masė 1,7–2,3 kartus viršijo ūglių masę. Dumblo normoms didėjant iki 80 t/ha visos minėtos masės didėja, o mažėti pradeda nuo 100 t/ha normos. Efektyviausia – 80 t/ha norma. Pagal „Miško sodmenų kokybės reikalavimus“ (2003), sodmenų šaknų masė turi sudaryti ne mažiau kaip 1/3 antžeminės dalies masės. Mūsų atveju (pagal tyrimo variantus) šaknų masė nuo antžeminės sėjinukų masės sudarė (%): 30; 32; 29; 29; 31; 31; 29. Taigi jau pirmaisiais metais priartėta prie minėto reikalavimo.

6 lentelėje matyti, kaip kito sėjinukų skaičius vegetacijos metu apskaitos juostų 1 metre. Pirmos apskaitos metu visuose tyrimo variantuose rasta daugiausia daigų ir ypač kur naudota 80 t/ha dumblo norma. Vėlesnių apskaitų metu daigų vis mažėjo. Vegetacijos pabaigoje daugiausia eglaičių išliko tręšiant 80 t/ha dumblo norma, o

4 lentelė. Nuotekų dumblo įtaka paprastosios eglės sėjinukų pirmos eilės šoninių šaknų ilgiui

Table 4. Influence of sewage sludge on the length of the first-level lateral roots of *Picea abies* seedlings

Variantai Variants	Pirmos eilės šoninių šaknų ilgis cm Length of the first-level lateral roots		
	M ± m	t	%
Kontrolė / Control	3,33 ± 0,18	–	100
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 20 t/ha	3,38 ± 0,14	0,22	102
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 40 t/ha	3,41 ± 0,17	0,30	102
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 60 t/ha	3,87 ± 0,19	2,03	116
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 80 t/ha	5,38 ± 0,23	6,89	162
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 100 t/ha	5,67 ± 0,27	7,19	170
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 150 t/ha	4,67 ± 0,23	4,89	143

Pastaba: M – vidurkis, m – vidurkio paklaida, t – skirtumo patikimumo tarp vidurkių kriterijus.

Note: M – mean, m – error of mean, t – reliability criterion of difference between means.

5 lentelė. Nuotekų dumblo įtaka paprastosios eglės sėjinukų orasausei masei

Table 5. Influence of sewage sludge on dry weight of *Picea abies* seedlings

Variantai Variants	Masė % / Mass, %				
	Spyglių Needles	Ūglių Shoots	Antžeminės dalies Overground	Šaknų Roots	Bendra Total
Kontrolė / Control	100	100	100	100	100
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 20 t/ha	100	98	99	105	101
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 40 t/ha	117	108	113	108	112
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 60 t/ha	123	130	126	122	125
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 80 t/ha	143	172	152	157	153
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 100 t/ha	118	142	126	130	127
Nuotekų dumblas / Sewage sludge 150 t/ha	104	115	108	105	108

mažiausiai – naudojant minimalią normą. Mažiausiai augalų žuvo (24 %) tręšiant 80 t/ha dumblo norma, o daugiausiai (36 %) – tręšiant mažiausia (20 t/ha) norma. Remiantis sėjinukų apskaitos rezultatais bei taikyta sėklų sėjimo schema, apskaičiuota sodmenų išeiga iš 1 ha. Naudota sėklų sėjimo schema sąlygojo gana dideles eglaičių išeigas. Pastebimas dėsningumas, kad dumblo normai didėjant nuo 20 iki 80 t/ha sėjinukų išeiga taip pat didėja. Esant didesnėms dumblo normoms sodmenų išeigos pradeda mažėti. Didžiausia išeiga gauta tręšiant 80 t/ha dumblo norma, o mažiausia – naudojant 20 t/ha normą. Lyginant su tręšimu mineralinėmis trąšomis, tręšimas dumblo 60 ir 80 t/ha normomis sėjinukų išeigą padidino atitinkamai 0,4 % ir 4,0 %, o visos kitos dumblo normos išeigą sumažino nuo 4,0 % iki 14,5 %. Taigi, tiek

maisto medžiagų trūkumas (20 ir 40 t/ha normos), tiek jų perteklius (100 ir 150 t/ha normos) neigiamai veikė sėjinukų išeigą.

Nustatant nuotekų dumblo panaudojimo ekonominį efektyvumą panaudoti 6 lentelės duomenys, iš kurių matyti, kad tik naudojant dumblo 60 ir 80 t/ha normas gaunamas sėjinukų išeigos priedas atitinkamai 25 ir 228 tūkst. vnt./ha. Pagal Rokiškio miškų urėdijos vienmečių sėjinukų išauginimo kainą (10 ct/vnt.), sodmenų išeigos priedų vertė gauta atitinkamai 2 500 ir 22 800 Lt/ha. Tręšimo išlaidas nuotekų dumblo atveju sudaro tik šios trąšos transportavimas – 2,5 Lt/km 10-iai tonų trąšos. Žinant, kad atstumas nuo AB „Rokiškio sūris“ iki medelyno yra 7 km, tręšiant 60 ir 80 t/ha dumblo normomis išlaidos atitinkamai sudaro 210 ir 280 Lt/ha. Palyginus pastarąsias išlaidas su sėjinukų

6 lentelė. Paprastosios eglės sėjinukų skaičiaus kitimas vegetacijos metu ir išeiga iš 1 ha

Table 6. Variation of the number of *Picea abies* seedlings during vegetation and yield from 1 ha

Variantai Variants	Sėjinukų skaičius vnt./m Number of seedlings, unit/m					Žuvo Died		Išeiga iš 1 ha Yield from 1 ha	
	06.20	07.20	08.24	09.24	10.22	vnt. units	%	tūkst. vnt. thousand units	%
Kontrolė / Control	288	261	248	236	227	61	26,9	5 747	100,0
Nuotekų dumblas Sewage sludge 20 t/ha	263	237	217	209	194	69	35,6	4 911	85,5
Nuotekų dumblas Sewage sludge 40 t/ha	285	245	231	222	217	68	31,3	5 494	95,6
Nuotekų dumblas Sewage sludge 60 t/ha	289	264	248	236	228	61	26,8	5 772	100,4
Nuotekų dumblas Sewage sludge 80 t/ha	293	281	268	244	236	57	24,2	5 975	104,0
Nuotekų dumblas Sewage sludge 100 t/ha	273	259	241	232	218	55	25,2	5 519	96,0
Nuotekų dumblas Sewage sludge 150 t/ha	256	243	229	216	199	57	28,6	5 038	87,7

išieigos priedų verte, gaunamos tokios papildomos pajamos: 2 290 ir 22 520 Lt/ha. Taigi, sėjiniukams tręšti labiausiai apsimoka naudoti 80 t/ha dumblo normą, kuri ne tik maksimaliai padidina sodmenų išieigą, bet iš esmės pagerina ir jų biometrinius rodiklius. Be to, naudojant pastarąją dumblo normą tręšimo išlaidos gautos 5,5 karto mažesnės nei tręšiant mineralinėmis trąšomis (1 550 Lt/ha), o tai turėjo įtakos mažesnei produkcijos išauginimo savikainai. Nuotekų dumblo 60 ir 100 t/ha normos panašiai veikė sėjiniukų biometrinius rodiklius, tačiau dėl sodmenų išieigos ir papildomų pajamų pranašesnė yra 60 t/ha norma.

IŠVADOS

1. Paprastosios eglės vienamečių sėjiniukų antžeminės dalies augimą daugeliu atvejų patikimai stimuliuo 80 t/ha nuotekų dumblo norma: sėjiniukų aukštis ir šaknies kaklelio skersmuo padidėjo atitinkamai 32 ir 30 %, šoninių ūglių skaičius – 182 %, o jų ilgis – 19 %, šoninių pumpurų skaičius – 29 %, spyglių skaičius – 54 %, o jų ilgis 3 %, sėjiniukų su šoniniais ūgliais bei šoniniais pumpurais skaičius – 38 ir 8 %, palyginti su tręšimu mineralinėmis trąšomis.

2. Lyginant sėjiniukų šaknų sistemas tręšimas nuotekų dumblo patikimai sumažino (13–31 %) eglaičių pagrindinės šaknies ilgį, pirmos eilės šoninių šaknų skaičiui esminės įtakos neturėjo, o pastarųjų šaknų ilgį iš esmės padidino (16–70 %) tik 60–150 t/ha dumblo normos, palyginti su kontroliniu variantu.

3. Sėjiniukų bendrąją, šaknų bei antžeminės dalies masę, palyginti su kontroliniu variantu, labiausiai didino (53, 57, 52 %) 80 t/ha nuotekų dumblo norma.

4. Sėklų dygimą efektyviausiai skatino nuotekų dumblo 80 t/ha norma. Per vegetacijos periodą mažiausiai (24 ir 25 %) sėjiniukų žuvo tręšiant 80 ir 100 t/ha, o daugiausiai (36 ir 31 %) – 20 ir 40 t/ha dumblo norma. Didžiausia sėjiniukų iš 1 ha išieiga gauta tręšiant 80 t/ha dumblo norma, t. y. 228 tūkst. vnt. didesnė nei tręšiant mineralinėmis trąšomis.

5. Nebaigtos gamybos didžiausios papildomos pajamos (22,5 tūkst. Lt/ha) gautos tręšiant sėjiniukus 80 t/ha dumblo norma. Naudojant šią normą tręšimo išlaidos 5,5 karto mažesnės nei tręšiant mineralinėmis trąšomis.

6. Atsižvelgiant į nuotekų dumblo poveikį paprastosios eglės sėjiniukų augimui ir vystymuisi, išieigai iš ploto vieneto bei ekonominį efektyvumą optimali trąšos norma esamomis dirvožemio sąlygomis yra 80 t/ha, papildomajame tręšime gali pakeisti mineralines trąšas.

Gauta 2013 01 23
Priimta 2013 04 24

LITERATŪRA

1. Ailincai C., Jitareanu G., Bucur D., et al. 2007. Influence of sewage sludge on maize yield and quality and soil chemical characteristics. *Journal of Food, Agriculture Environment*. Vol. 5. No. 1. P. 310–313.
2. Bagdanavičienė Z., Ramanauskienė P. 1997. Saprofitinės mikrofloros struktūrinio-funkcinio komplekso formavimosi ypatumai dumblo rekultivuojamame karjere. *Vilniaus miesto nuotekų dumblo panaudojimas sunaikintoms žemėms rekultivuoti ir tręšti*. Vilnius. P. 78–101.
3. Bagdanavičienė Z., Ramanauskienė P. 1997. Mikrobiologinio aktyvumo įvertinimas dumblo rekultivuojamame durpyne. *Vilniaus miesto nuotekų dumblo panaudojimas sunaikintoms žemėms rekultivuoti ir tręšti*. Vilnius. P. 183–195.
4. Baltrėnaitė E., Butkus D. 2007. Accumulation of heavy metals in tree seedlings from soil amended with sewage sludge. *Ekologija*. Vol. 53. No. 4. P. 68–76.
5. Buivydatė E., Vaičys M., Juodis J. ir kt. 2001. *Lietuvos dirvožemių klasifikacija*. Vilnius. 131 p.
6. Eitminavičiūtė I., Matusevičiūtė A., Bagdanavičienė Z. 2005. Remediation of landfill soils with sewage sludge 1. Pedobiont successions in the first stages of soil remediation. *Ekologija*. No. 3. P. 44–56.
7. Gradeckas A. 1993. Nutekamųjų vandenų dumblas – trąša miško želdiniams. *Mūsų girios*. Nr. 10. P. 7–8.
8. Gradeckas A., Kubertavičienė L., Raguotis A. 1995. Vandenų dumblą – daigynų tręšimui. *Mūsų girios*. Nr. 2. P. 13–14.
9. Gradeckas A., Kubertavičienė L. 1998. Utilization of wastewater sludge as a fertilizer in short rotation forests on cut away peatland. *Baltic Forestry*. Vol. 4. No. 2. P. 7–13.
10. Janeliauskienė D. 1998. Dumblas – nemokama trąša. *Gamta*. Nr. 7. 33 p.
11. Kapots V., Karinš Z., Lazdinš A. 2000. Use of sewage sludge in forests cultivation. *Baltic Forestry*. Vol. 6. No. 2(11). P. 24–28.
12. Katinas V., Kadūnas V., Radzevičius A., et al. 2002. Processes of chemical element dispersion and redistribution in the environment with wastewater

- sludge used for recultivation of woodcutting areas. *Geologija*. No. 38. P. 3–11.
13. Kosobucki P., Chmarzynski A., Buszewski B. 2000. Sewage sludge composting. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 9. No. 4. P. 243–248.
 14. Kučinskas J., Pekarskas J., Pranskietienė I. ir kt. 1999. *Agrochemija*. Kaunas: Lututė. 336 p.
 15. *Miško sodmenų kokybės reikalavimai*. 2003. Vilnius. 4 p.
 16. *Miško želdinimas* (sud. J. Danusevičius). 1991. Vilnius: Mokslas. 352 p.
 17. Moreno J. L., Hernandez T., Garcia C. 1999. Effects of a cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 28. No. 3. P. 230–237.
 18. Mujea G., Ionescu N., Diaconu M., et al. 2009. Research regarding the influence of sewage sludge in organic agriculture. *Scientific Papers, USAMV Bucharest, Series A*. Vol. LII. P. 184–189.
 19. Nacionalinė miškų ūkio sektoriaus plėtros 2012–2020 metais programa. 2012. *Valstybės žinios*. Nr. 61-3058.
 20. *Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui bei rekultivavimui reikalavimai*. LAND 20-2005. Vilnius. 8 p.
 21. Račinskas J., Kuodis K. 2000. Vandenvalo nuosėdų poveikis pušies sėjinukams. *Miškininkystė*. Nr. 3. P. 40–48.
 22. Račinskas J., Mirinas S. 2012. Žlaugtų poveikis paprastosios eglės sėjinukams. *Vagos*. Nr. 56(9). P. 31–37.
 23. Raudonius S. 2008. *Mokslinių tyrimų metodika*. Akademija. 122 p.
 24. Steponavičius A. 2004. Pieno perdirbimo įmonių dumblas – trąšai. *Mano ūkis*. Nr. 7.
 25. Strazdienė V. 2003. Dumblu tręšiamų ir rekultivuojamų dirvožemių monitoringas. *Ataskaita*. Vilnius. P. 30–35.
 26. Strusevičius Z. 2006. AB „Rokiškio sūris“ nuotekų dumblo panaudojimo laukų tręšimui programa. Vilainiai. 13 p.
 27. Šlapakauskas V. A. *Augalų ekofiziologija*. Kaunas: Lututė. 143 p.
 28. Vaitkutė D., Baltrėnaitė E., Booth C. A., et al. 2010. Does sewage sludge amendment to soil enhance the development of Silver birch and Scots pine? *Hungarian Geographical Bulletin*. Vol. 59. No. 4. P. 393–410.
 29. Wen G., Bates T. E., Voroney R. P. 1995. Evaluation of nitrogen availability in irradiated sewage sludge, sludge compost and manure compost. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 24. No. 3. P. 527–534.
 30. Wisniewska B., Kalembasa D. 2009. Influence of processed sewage sludge on nitrogen content in plants and soils. *Environment Protection Engineering*. Vol. 35. No. 2. P. 141–148.
 31. Ženauskas K., Songailienė A. 1989. *Duomenų biometrinis vertinimas*. Vilnius: Mokslas. 232 p.

Jonas Račinskas, Karolis Kondratas, Gerda Šilingienė

THE INFLUENCE OF SEWAGE SLUDGE ON NORWAY SPRUCE SEEDLINGS

Summary

The investigation was carried out at the Forest Nursery of the Rokiškis State Forest Enterprise in 2011. Influence of sewage sludge (AB Rokiškio Sūris) on growth, development, survival, yield from 1 ha of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) seedlings was investigated, and the economic efficiency of the sewage sludge was evaluated.

The study result of the sewage sludge effect on growth and development of ordinary spruce seedlings shows that the growth of seedlings was mostly stimulated by 80 t/ha sewage sludge rate, which increased the rate of height, diameter of the basal part of the root, number and length of lateral shoots, number and length of needles, number of lateral buds, number of seedlings with lateral shoots and lateral buds, compared with the control. When comparing seedling root systems, fertilizations with sewage sludge reduced the root length in comparison with basic fertilizations in mineral fertilizers. The most effective was the 80 t/ha sewage sludge rate that increased seedlings overall (needles, shoots) and root mass, in comparison with the control. Maximum seedling yield from 1 ha in the vegetation period was achieved when the fertilizing application rate was 80 t/ha of sludge. The highest net income was received when fertilizing seedlings at a rate of 80 t/ha of sludge. Using this norm, the fertilizing costs were 5.5 times smaller than using mineral fertilizers.

Key words: sewage sludge, mineral fertilizers, Norway spruce seedlings